



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 19 062 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
F 03 D 1/00
F 03 D 3/00
F 03 D 9/00
F 03 D 11/04
B 63 B 35/44
E 04 H 5/02

⑲ Aktenzeichen: 102 19 062.3
⑳ Anmeldetag: 29. 4. 2002
㉔ Offenlegungstag: 13. 11. 2003

DE 102 19 062 A 1

⑦① Anmelder:
Schopf, Walter, Dipl.-Ing., 61279 Grävenwiesbach,
DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Offshore-Windenergieanlage

⑤⑦ Der Erfindungsgegenstand betrifft eine Offshore-Windenergieanlage für das offene Meer, wo herkömmliche Turmgründungen wirtschaftlich nicht akzeptabel oder technisch nicht möglich sind.

Seine wesentlichsten Merkmale bestehen darin, daß die Windkraftmaschine auf einer schwimmenden vorteilhaft ausgebildeten Trägerbasis angeordnet ist,

* wodurch Voraussetzungen zur Nutzung solcher windkraftreichen Standorte geschaffen sind;

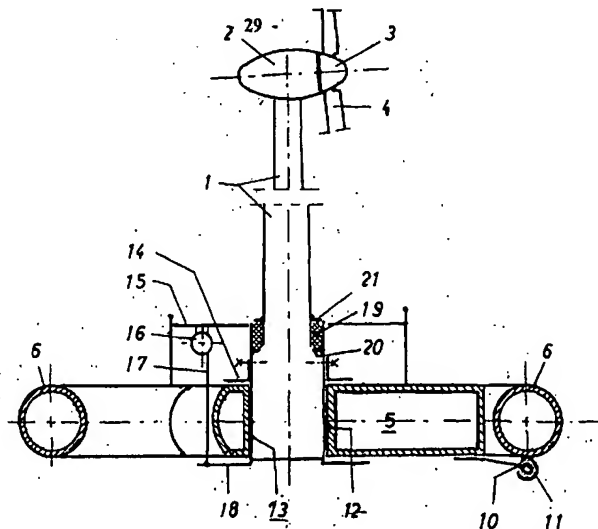
der erzeugte Strom ohne wesentliche Verluste und üblichen Übertragungsaufwand mittels bordeigener Einrichtungen zur Wasserstoffgewinnung und Meerwasserentsalzung eingesetzt wird,

* womit günstige Herstellungsbedingungen für den zukunftsrelevanten Energieträger Wasserstoff und das in vielen Regionen rare, lebenswichtige Trinkwasser geschaffen sind;

pontonhafte, die Trägerbasis bildende Schwimmkörper auch als Tank- oder Lagerräume für Rohstoffe oder an Bord erzeugte Produkte ausgebildet und autark schwimmfähig gestaltet sind,

* sind Lagerungs- und Transportprobleme günstig gelöst; er auch Einrichtungen zum Gütertransport zwischen der schwimmenden Windenergieanlage und dem Meeresboden einschließt,

* wodurch günstige Bedingungen zur Gewinnung energiereicher Rohstoffe aus dem oder vom Meeresboden und für die Entsorgung umweltschädlicher Stoffe vorliegen.



BEST AVAILABLE COPY

E 102 19 062 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Windenergieanlage mit den in dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmalen.

[0002] Ein(e) intensive Erschließung und verstärkter Einsatz regenerativer Energien ist und bleibt ein global anerkanntes Gebot der Menschheitsgeschichte. Dies, obwohl seit ersten Energie-Verknappungsscenarien (z. B. durch Clap of Rome) neue, noch länger ausreichende Energievorräte entdeckt und z. T. schon erschlossen wurden, aber in Anbetracht

- einer verpflichtenden Sicherstellung und Erhalt lebenswichtiger Substanzen in energiereichen Grundstoffen für Zukunftsgenerationen,
- der zukünftig eingeschränkten Nutzung der umstrittenen Kernenergie,
- einer unerlässlichen CO₂-Produktionsverminderung (zum Erhalt des Klimas und somit unserer Lebensbedingungen),
- sowie des weltweit zunehmenden Energiebedarfes, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern, wobei in solchen Zonen ein anteilig hoher Energiebedarf für die Aufbereitung und Sicherstellung lebenswichtiger Substanzen wie z. B. Trinkwasser erforderlich ist.

[0003] Unter den zur Verfügung stehenden und ausbaufähigen regenerativen Energieressourcen hat sich die Windenergie favorisiert (die Wasserkraftpotentiale sind bereits im europäischen Raum weitgehend erschlossen und somit erschöpft). Umfangreiche Windkraftanlagen-Projekte wurden bereits in einem nicht erwarteten Ausmaß entwickelt und realisiert.

[0004] Für eine wirtschaftliche Nutzung der Windenergie bieten die geographischen Verhältnisse unterschiedliche Voraussetzungen. So ist die Windintensität bezüglich Stärke und Kontinuität in Küstenregionen am günstigsten. Ferner wirkt sich der "Rauheitsgrad" einer Region stark auf eine(n) höhenabhängige Windverteilung und -Anfall aus (z. B. nach "Hellmann-Exponenten"), wobei Küstenregionen ebenfalls bevorteiligt sind. Darüber hinaus kommen für die Akzeptanz und Realisierbarkeit einer Windkraftanlage oder eines Parks noch weitere Aspekte wie Geräuschimmission, Schattenwurf, optische Verträglichkeit und vor allem auch Natur- und Landschaftsschutzaspekte zum Tragen. Unter Abwägung dieser verschiedenen Kriterien haben sich Küstenregionen für die Anlage von Windparks prädestiniert. Akzeptable Inlandsstandorte (zumindest in Deutschland) sind weitgehend erschlossen bzw. nicht mehr vorhanden.

[0005] Da auch Küstenregionen diesbezüglich schon weitgehend erschlossen sind, auch Argumente des Landschaftsschutzes häufig dagegen sprechen, stellt sich zwangsläufig bei Herstellern und Betreibern von Windkraftanlagen bzw. Energieversorgern der Trend zu Offshore-Windkraftanlagen ein. Außer einer erhöhten Intensität und Kontinuität des Windes auf hoher See ist auch der Höheneinfluß auf die Windverteilung geringer. Mit niedrigeren Nabenhöhen lassen sich somit bereits effizientere Ausbeuten erzielen. Ferner erlaubt die höhere Geräuschimmissionsakzeptanz höhere Schnelllaufdrehzahlen, was die Effizienz einer WKA abermals zu steigern vermag.

[0006] Dennoch liegen auch im Offshore-Einsatz einige nachteilige Tatbestände und Fakten vor:

- kostspieligere Gründungen und Turmbauten,
- dem Naturschutz in Watt- und Schelfgebieten zuwiderlaufende Tatbestände

derlaufende Tatbestände

- Wasservogelreservate in Küstennähe,
- Vogelfluglinien in Küstennähe
- Gräusch- und somit Störbelastungen von Meeresgähtier, insbesondere der Meeressäuger mit ihren empfindlichen und ihrer Ortung dienendem Hörvermögen,
- problematische Netzanbindung, wobei
- grundlegend neue Übertragungsleitungen und Netzsysteme geschaffen werden müssen, zudem noch mit evtl. umweltbelastender Trassenführung im Meeresboden,
- zumal diese Netzsysteme den Besonderheiten der Windstromgewinnung gerecht werden müssen (insbesondere bei "netzgeführten" Anlagen, was einen starken Verbund voraussetzt);
- Leitungen durch die Schiff-fahrt gefährdet sind,

[0007] Unter Berücksichtigung und Abwägung solcher Aspekte sind die ausgeführten und geplanten Offshore-Windkraftwerke weitgehend in Küstennähe angelegt. Eigentlich handelt es sich daher dabei mehr um "Onshore"-Windkraftwerke. WKA-Standorte in seichten Gewässern mit günstigen Gründungsbedingungen, keinen oder geringen Naturschutzaufgaben und ohne Gefährdung der durch die Schiff-fahrt sind auch nur begrenzt verfügbar.

[0008] Aufgabe(n) und Ziel(e) vorliegenden Erfindungsgegenstandes ist bzw. sind:

- a) Voraussetzungen für den Einsatz von WEA auf hoher (tiefer) See, wo eine Turmgründung nicht mehr akzeptabel ist, bei dem dort herrschenden üppigen Windenergie-Anfall und unter weniger dem Umweltschutz zuwiderlaufenden Bedingungen zu schaffen,
- b) wirtschaftliche Verwertungsverfahren für die aus Windkraft erzeugte elektrische Energie zu finden,
- c) Lösungen zur wirtschaftlichen Herstellung des zukunftsrelevanten Energieträgers Wasserstoff sowie zur Aufbereitung des lebenswichtigen und in vielen Regionen seltenen Trinkwassers zu schaffen,
- d) Rohstoffvorkommen für die unter c) angeführten Verfahren in einer effizienten (bezüglich Energiebereitstellung und Transportaufwand) günstig zu nutzen,
- e) wirtschaftliche und umweltfreundliche Speicherverfahrens- und Transportverfahren für die unter c) angeführten Erzeugnisse zu schaffen,
- f) umweltfreundliche Entsorgungsverfahren für gegebenenfalls als Nebenprodukt anfallende Schadstoffe zu finden.

[0009] Die Lösung der genannten Aufgaben wird durch die in den Ansprüchen und in den Ausführungsbeispielen angeführten erfindungsgemäßen Ausführungsmerkmale erzielt.

[0010] Die damit erzielbaren Vorteile ergeben sich aus der erfindungsgemäßen Erfüllung der Zielsetzungen, die im wesentlichen darin bestehen, daß

- damit Voraussetzungen zur Nutzung windkraftreicher Standorte auf offener See geschaffen sind,
- der erzeugte Strom ohne wesentliche Verluste und üblichen Übertragungsaufwand verwertet wird,
- günstige Herstellungsbedingungen für den zukunftsrelevanten Energieträger Wasserstoff und für das in vielen Regionen rare, lebenswichtige Trinkwasser geschaffen sind;
- Lagerungs- und Transportprobleme für an Bord erzeugte Produkte günstig gelöst sind,
- günstige Bedingungen zur Gewinnung energiereicher

cher Rohstoffe vom oder aus dem Meeresboden und ihrer Verarbeitung an Bord, sowie für die Entsorgung von Schadstoffen geschaffen sind.

[0011] Details einzelner vorteilhafter Ausführungsmerkmale ergeben sich aus den Ausführungsbeispielebeschreibungen.

[0012] Weiteres zum Stande der Technik über die im Erfindungsgegenstand einbezogenen Einsatz- und Verwertungsgebiete des Windstromes mit erkennbaren bestehenden Nachteilen:

Zur Wasserstoffgewinnung

[0013] Lösungen zur wirtschaftlichen Erzeugung von Wasserstoff zur Deckung seines umfangreichen Bedarfes in der zukünftigen Energieversorgung sind von essentieller Bedeutung. Wasserstoff stellt als Energieträger zum Betreiben von umweltfreundlichen Verbrennungsmaschinen eine vorteilhafte Alternative zu herkömmlichen erschöpflichen Treibstoffen fossiler Herkunft dar. Vor allem aber als Energielieferant für die zukunftssträchtige und umweltfreundliche Brennstoffzelle, die sowohl als umweltfreundlicher Strom- als auch als Wärmelieferant genutzt werden kann. Wasserstoff in reiner Form ist zum Betreiben von Brennstoffzellen im Mobilantrieb prädestiniert.

[0014] Bei all den euphorisch empfindbaren, dem Wasserstoff zuzuschreibenden Attributen ist nicht zu verkennen, daß zu seiner Erzeugung (bei populären Großanlage-Verfahren) meist Energie investiert werden muß. Diese dominant elektrische Energie(form) kann auch nicht immer umweltfreundlich produziert werden, außer man setzt den umstrittenen Atomstrom dazu ein, dessen Herstellung allerdings auch Sekundärprobleme (Entsorgung) oder gar schlimmere Ereignismöglichkeiten birgt. Außerdem ist jegliche(r) Energieumwandlung und Energietransfer – z. B. in der Energiekette bei der Erzeugung eines üblicherweise netztreuen und spannungsstabilen Stromes, mit seinen Transformationen und Leitungsverlusten und der folglichen bei der H₂-Gewinnung verfahrensgerechten Umformung bzw. Gleichrichtung mit Verlusten und technischem Aufwand verbunden. So ist bekannt, daß für die im Wasserstoff enthaltene Energie etwa die doppelte Energiemenge für seine Erzeugung bereitgestellt werden muß!

[0015] Somit ist die (scheinbar) unübertroffene Effizienz der unbestritten umweltfreundlichen Brennstoffzelle selbst nur die halbe Wahrheit. Zur Realisierung eines zukunftsorientierten schadstofffreien, zumindest schadstoffarmen Energieversorgungsszenariums auf Wasserstoff und insbesondere auf Brennstoffzellenbasis ist eine wirtschaftlich und umweltfreundliche H₂-Gewinnung Voraussetzung.

[0016] Ein wichtiges konkretes Ziel ist daher, neben den vorstehend unter Angeführten, die bei herkömmlichen Offshore-Windkraftanlagen üblicherweise außergewöhnlich aufwendigen Strom-Übertragungseinrichtungen und -Verluste zu ersparen oder zumindest zu mindern.

Zur Meerwasserentsalzung

[0017] Obwohl unsere Erdoberfläche zu ca 2/3 mit Wasser bedeckt ist, steht etwa 1/3 der Menschheit direkt kein Trinkwasser zur Verfügung. Dies z. T. auf Grund der natürlichen Gegebenheiten (Trockenregionen), aber vor allem durch die Zivilisation verursachte Eingriffe (Industrie, Tourismus, Bevölkerungswachstum, Landausbeutung durch Landwirtschaft mit dadurch verbundener oder auch anderweitig verursachter Kontaminierung oder bakterielle Verseuchung). Bereits heute sind viele Regionen auf die Gewinnung von

Trinkwasser aus Meerwasser angewiesen. Diese Erfordernis wird sich besonders mit der zunehmenden Bevölkerung und dem zunehmenden Lebensstandard in den Entwicklungs- und Schwellenländern noch verstärken.

5 [0018] Ein weiteres angestrebtes konkretes Ziel des Erfindungsgedankens ist daher eine Lösungsfindung für den Transport des gewonnenen Trinkwassers in diesbezüglich bedürftige Regionen.

10 Zur Grundstoffversorgung, Entsorgung und Transportproblematik

[0019] Zur Wasserstoffgewinnung aus fossilen Grundstoffen bietet sich das bisher diesbezüglich relativ wenig genutzte, z. Z. noch reichlich vorhandene Erdgas an. Sein "Ignorieren" liegt wohl im kostenintensiven Erschließen und Transportieren begründet, zumal ausgiebige Lagerstätten im Meeresbereich liegen. Auch für eine aktuell gewordene, naheliegende Wasserstofferzeugung aus wasserstoffhaltigen Verbindungen, wie z. B. das "Pyrolyseverfahren" mit Plasma-Brenner, bei dem elektrische Energie benötigt wird, dürfte durch deren Mangel bzw. deren Kosten meist einer Realisierung hinderlich gewesen sein. Ein negativer Aspekt bei der Wasserstoffgewinnung aus fossilen Energieträgern ist auch der Anfall von CO₂, wodurch der angestrebte umweltfreundliche H₂-Einsatz ad absurdum geführt wird.

[0020] Daher kommt sowohl der Erschließung. bzw. Nutzung von Erdgasvorkommen möglichst nahegelegen am Verbraucher bzw. umgekehrt, als auch der Entsorgung des bei der Wasserstoffherstellung anfallenden HO₂ ebenfalls besondere Bedeutung zu.

[0021] Eine zukunftssträchtige und vielversprechende Rohstoffquelle für Wasserstoff ist in Knollenform am Meeresboden lagerndes Methanhydrat. Dieser bisher wenig bekannte Energieträger (Methan) von sehr hoher Energiedichte lagert allerdings in tiefen Meeresgründen, wird aber in Fachkreisen als eine schier unerschöpfliche Energiequelle angesehen. Nachteilig an ihm ist, daß es auf Grund seines sehr hohen Methangehaltes sicherlich ein großer Treibhausgasproduzent ist. Auch werden in kompetenten Fachkreisen (im noch nicht gänzlich erforschten Stadium) Bedenken dahingehend geäußert, daß bei plötzlichen Temperatur- und Druckänderungen dieses Stoffes plötzlich Methan explosionsartig frei werden könnte. Für solche bereits stattgefundenen Ereignisse größeren Ausmaßes soll es bereits am Meeresboden im Bereich solcher Lagerstätten sichtbare Hinweise geben. Diesen möglichen Gefahren muß daher bei der Schürfung und Verarbeitung dieses Rohstoffes Beachtung geschenkt werden.

[0022] Weitere konkrete Ziele des Erfindungsgedankens sind daher Verfahren und Einrichtungen zu finden oder zu schaffen für eine wirtschaftliche Schürfung solcher Rohstoffe unter Berücksichtigung ihrer möglichen Gefahrenpotenziale, denen – die Lösung vorwegnehmend – auf hoher See fern ab von Wohn- und Industriegebieten am besten entsprochen werden kann.

[0023] Der Anmeldungsgegenstand wird nachstehend unter Verweis auf Zeichnungen erläutert. Hierfür zeigt:

60 [0024] Fig. 1 eine Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen schwimmenden Windenergieanlage (WEA) mit einer herkömmlichen Windkraftmaschine mit weitgehend horizontaler Drehachse, aufgesetzt auf einer erfindungsgemäßen schwimmenden Windenergieanlage-Trägerbasis gemäß Fig. 2;

[0025] Fig. 2 die Draufsicht eines erfindungsgemäßen schwimmenden Windkraftmaschinenträgers (WKT)

[0026] Fig. 3 die Draufsicht eines Verbundes mehrerer

schwimmender Windenergieanlage-Trägerbasen gemäß Fig. 2, der vorzugsweise im Meeresboden verankert ist und zugeordnet mobile Einrichtungen zur Speicherung und Transport von an Bord gewonnenen, veredelten bzw. umgewandelten Rohstoffen, sowie eine Hubschrauberlandebasis aufweist;

[0027] Fig. 4 die Seitenansicht eines Verbandes mehrerer erfindungsgemäße schwimmender Windenergieanlage-Träger nach Fig. 3 mit darauf angeordneten herkömmlichen Windkraftmaschinen mit weitgehend horizontaler Drehachse;

[0028] Fig. 5 die luvseitige Ansicht der von den Rotorblättern der Windkraftmaschinen mit ihren gemäß Fig. 3 und 4 dargestellten räumlichen Zuordnungen zueinander überstrichenen aktiven Flächen;

[0029] Fig. 6 die Draufsicht eines Verbandes mehrerer schwimmender Windenergieanlage-Träger gemäß Fig. 2, mit Plattformen für zusätzliche Windkraftmaschinen mit vertikaler Drehachse zur effizienten Ausnutzung des Luft- raumes sowie zum energetischen Versorgen von Antriebs- einrichtungen zur selbständigen Positionshaltung des Ver- bandes auf dem Meere;

[0030] Fig. 7 die Seitenansicht des Verbandes gemäß Fig. 6 aus mehreren erfindungsgemäßen schwimmenden Wind- kraftmaschinen-Trägern nach Fig. 2 mit allen darauf ange- ordneten Windkraftmaschinen und einer der Positionshal- tung dienenden Antriebskonzeption;

[0031] Fig. 8 eine hydraulisch/pneumatische Windkraft- maschinenturm-Standbasis mit in ihrer Höhe variierbaren Abstütz- und Hubelementen.

[0032] Fig. 9 eine Verankerungsbasis am Meeresboden für eine erfindungsgemäße schwimmende Windenergiean- lage, insbesondere für Ausführungen gemäß Fig. 3 und 4, mit integrierten Zapf- und Übergabeeinrichtungen für Rohr- systeme zum Fördern vom oder aus dem Meeresboden ge- wonnenen Rohstoffen, oder zur Entsorgung umweltschädli- cher Stoffe, oder zur Speicherung von an Bord gewonnenen Substanzen, vorzugsweise Wasserstoff.

[0033] Fig. 10 Fig. 3 eine Ausführungsweise einer zusätz- lichen Windkraftmaschine als Windkonverter.

Zu Fig. 1 und 2

[0034] Der Turm 1 mit seiner aufgetzten Gondel 2, in der die Rotornabe 3 mit ihren Rotorblättern 4 gelagert ist und einen separaten Generator mit vorgeschaltetem Getriebe oder einen um die Rotorwelle direkt angeordneten Generator und sonstige Hilfseinrichtungen beinhaltet, sitzt auf einem schwimmfähigen Turmträger 5. Dieser ist im vorliegenden Beispiel sternförmig ausgebildet und mit weiteren, die Trag- kraft steigernden Schwimmkörpern 6 umgeben und verbun- den. Diese sind röhrenförmig gestaltet und in einem Ring- verbund um die Turmträger 5 positioniert und mit einander verbunden. Dazu weisen sie an ihren zugespitzten Enden 7 gelenkige Verbindungselemente 8 und 9 auf. Der Turmträ- ger 5 wiederum ist an seinen Armen ebenso mit gelenki- gen Verbindungselementen 10, 11 ausgestattet, die weitge- hend in der Mitte der ihn umgebenden Schwimmkörper 5, verbunden sind. Aus Stabilitätsgründen (was die Schwimm- fähigkeit der Schwimmkörper 6 betrifft) befindet sich diese Verbindungsbasis 10-11 vorteilhafterweise auf der Unter- seite der Schwimmkörper 6. Die gelenkige Verbindungs- weise ist deshalb gewählt, damit sich die einzelnen Schwimmkörper 6 bei Wellengang der "Oberflächenrauheit" des Meeres besser anpassen können. Dadurch werden hohe Biegebeanspruchungen an den Knotenpunkten und inner- halb der Schwimmkörper (deren natürliche Proportionen wesentlich schlanker sein werden als in der Darstellung),

vermieden.

[0035] Zwecks einer leichten Montage, Reparatur und De- montage von und an einzelnen tragenden Bauelementen er- findungsgemäße schwimmender WEA (auf hoher See dürf- ten Austauschaktionen vorteilhaft und aktuell sein), sind ihre Bauelemente derartig ausgebildet und ausgestattet, daß sie schwimmend angeliefert, positioniert, montiert, oder ab- gezogen werden können. Diese Lösung ist besonders in An- betracht dessen, daß Hebeaktionen mittels Kränen wegen der erforderlichen außergewöhnlich weiten Ausladung der Kranarme – infolge des großen Turmabstandes von der Schimmkörper-Peripherie, insbesondere bei den später noch abgehandelten Verbänden von WEA-Trägern – nur sehr um- ständiglich und kostenintensiv zu bewerkstelligen sind, be- sondern relevant. Außer den hebezeugspezifischen Schwie- rigkeiten kommen die "zu Wasser" verstärkt vorliegenden schwierigen Umstände noch hinzu. Erfindungsgemäß ist bzw. sind daher:

- die Schwimmkörper 5 und der Turmträger 6 sowie der Turm 1 selbst mit flutbaren Kammern versehen, mit einer volumenmäßigen Abstimmung und (Schwer- punkt-)Anordnung derart, daß diese schwimmenden Komponenten 5, 6, 1 weitgehend in ihrer Arbeitsstel- lung im Grenzbereich von Schwimmen und Tauchen gehalten werden können. Zumindest so, daß erforderli- chenfalls nur unter Einflußnahme relativ geringer äuße- rer dirigierender Krafteinwirkungen auf diese Weise andere Schwimmkörper der WEA in deren Betriebs- stellung unterfahren (untertaucht) werden können,
- im Turm 1 die Balastkammer im unteren Bereich an- geordnet, so daß er im Tauchzustand bereits eine weit- gehend senkrechte Stellung einnimmt, wobei erforder- lichenfalls untere Turmpartien zur Kompensation ho- her Außendrucke innen einem höheren Druck ausge- setzt werden,
- der Turmträger 5 mit einem Schacht 12 versehen ist, in dem das untere Turmende 13 sitzt, wobei er in seiner Betriebsstellung durch Halteeinrichtungen 14 fixiert wird,
- zum Aufrichten und Ablassen des Turmes 1 Hebe- einrichtungen am Turmträger 5 angebracht sind in Form an einer als Montage- und Wartungsplattform dienenden Bühne 15 angeordneten Seilwinde 16, deren Seile 17 an einer unten abgekröpften Turmbasis 18 be- festigt sind.

[0036] Zur Vermeidung von von den Kraftmaschinen am Turm ausgehende Körperschallübertragung auf den schwimmenden Turmträger und weiter an die Schwimmkör- per mit folglich Abstrahlungs- und Übertragungsmögli- cheit an das Meerwasser, somit zur Vermeidung von Gräusch- und Störbelastungen des Meeresgetiers, insbeson- dere der Meeressäuger mit ihren empfindlichen und ihrer Ortung dienendem Hörvermögen, ist in der Turmstrecke eine körperschallisolierende bzw. dämpfende Trennstelle angeordnet. Diese besteht aus einem Zwischenring 19 aus einer körperschalldämmenden Masse, wobei wegen ihrer naturgemäß nicht allzu harten Konsistenz eine Auflagebasis 20 am unteren, eine Abstützbasis 21 am oberen Turmstück angeordnet ist.

[0037] Die Hohlräume der schwimmenden Körper 5 und 6 sind – soweit sie nicht durch beflutbare Räume in Anspruch genommen sind und unter Berücksichtigung eines ausgewo- genen Verhältnisses zwischen Tragvermögen für die Wind- kraftanlage und Beladungskapazität – mit Betriebseinrich- tungen ausgerüstet, als Speicherräume ausgebildet oder mit Tanks bestückt. Vorrangig aber mit verfahrenstechnischen

Einrichtungen zur Gewinnung und Speicherung von Wasserstoff und zur Entsalzung und Speicherung von Meerwasser oder auch zur Speicherung von von Bord aus geschürften Rohstoffen bevorzugt zur Wasserstoffgewinnung.

[0038] Im Schwimmkörper 6 sind die zu vorstehend beschriebenen Zwecke eingerichteten flutbaren Kammern noch zusätzlich dahingehend so ausgeführt und mit Hilfseinrichtungen ergänzt, daß sie als "(Frahmscher-)Schlingertank" zur Stabilisierung der gesamten schwimmenden WEA wirksam sind. Ferner sind diese flutbaren Räume so angelegt und befüllbar, daß damit eine horizontale Nivelierung bei ungleichmäßiger Nutzlastbeaufschlagung (durch die Windkraft oder der Zuladungen bedingt) erzielt wird.

[0039] Desweiteren ist der Einsatz einer unter Fig. 8 beschriebenen hydraulischen Einrichtung zur Bewirkung einer gezielt von der rechtwinkeligen Anordnung zu seiner Standbasis abweichenden Turmstellung vorgesehen. Damit sollen Turmneigungskorrekturen ermöglicht werden, aber vor allem soll sie zur Schwingungsdämpfung dienen. Bei einem praktischen Einsatz entspricht der Turmträger 5 aus Fig. 2 die untere Turmträgerbasis 65 in Fig. 8. Der Turm 1 sitzt auf der oberen Turmträgerbasis 76 der Fig. 8. Natürlich ist bei einer solchen Erweiterung genügend Schwenkraum für den Turm 1 zwischen Pos. 13 und 14 der Fig. 1 – abweichend von dieser Darstellung – einzuräumen.

[0040] Da eine quasi "weich gelagerte" schwimmende WEA zum niederfrequenten Schwingen neigen könnte, wird, um Aufschaukelungs- oder gar Resonanzeffekte auszuschließen oder zumindest zu vermindern vorgeschlagen, die Windkraftmaschinen schnellaufend, als nur zwei- oder gar einflügelig mit hoher Schnellaufdrehzahl auszuführen. Damit kann zusätzlich eine Leistungssteigerung erreicht werden.

Fig. 3 und 4

[0041] Der Verband besteht aus einer Dreieckformation von sechs schwimmenden Windkraftmaschinenträgern (WKT) 25 bis 33 gemäß der Ausführungsweise nach Fig. 2. Dabei weisen benachbarte, einander tangierende WKT an dieser Stelle nur einen gemeinsamen Schwimmkörper auf, z. B. die WKT 25 und 30 nur den einen Schwimmkörper 31. Die Turmträger 5 sind im Ringverband der WKT so ausgerichtet angeordnet, daß immer nur ein Arm 32 eines Turmträgers 35 von einem Schwimmkörper 31 getragen wird.

[0042] Die (einzelnen) Windkraftmaschinenträger sind mit den Windkraftmaschinen bestückt:

Pos 25	Pos. 33
26	34
27	35
28	36
29	37
30	38

[0043] Der Verband ist am Meeresboden verankert. Hierfür sind breitverteilt an den Knotenpunkten 39 Ankerseile 40a, b, c, d angebracht, die ab einer gewissen Entfernung in ein einziges oder in eine reduzierte Anzahl übergehen und zum Meeresboden führen. Ein Ausführungsbeispiel einer auch der Rohstoffgewinnung vom Meeresboden dienliche Ankerbasis zeigt Fig. 9.

[0044] Ein weiterer im Zusammenhang mit der Rohstoffgewinnung günstiger Nutzeffekt bei den "verankerten" Windenergieanlage-Konzeptionen besteht in der Nutzung des Ankerseiles als Tragseil für "Unterwasserseilbahnen". Außer dem Transport von Rohstoffen mittels "Unterwasser-

gondeln" ist auch der Transport von Gerätschaften und Hilfsmitteln beabsichtigt und möglich.

[0045] Bei verankerten schwimmenden WEA in tiefen Gewässern, wo sich Gezeitenströmungen weniger auswirken, werden diese meist alleine schon durch die Meeresoberflächenwasserströmung, die mit der Windrichtung identisch ist, selbsttätig ausrichten. Mit Sicherheit jedoch wird der schwimmende WEA-Verband durch den vom Wind auf ihn ausgeübten Staudruck auf eine richtige Standrichtung eingeschwenkt. Bei diesbezüglich eindeutigen Voraussetzungen bzw. Betriebsbedingungen kann die Gondel auf den Turm starr angeordnet und somit die teurere drehbare (herkömmliche) Version eingespart werden.

[0046] Eine sich breit erstreckende Anbindung 21a, b, c, d an eine Verankerung birgt außer den geringeren spezifischen Zugbelastungen den Vorteil, daß eine Niederhaltekraft auf möglichst alle der vorderen WKT 25, 26, 30 luvseitig ausgeübt wird, die dem vom Wind verursachten Kippmoment entgegenwirkt. In dieser Hinsicht birgt auch die verbandweise Anordnung von WEA Vorteile: vordere WEA 26, 30 stützen sich leeseitig auf dahinter angeordnete WEA 27, 28, 29 ab, wobei diese WEA 27, 28, 29 luvseitig zweckmäßigerweise niedergehalten werden, usw. Dadurch werden im Verband die staudruckbedingten Kippeffekte – zumindest zum Teil – kompensiert.

[0047] Da zur optimalen und gleichmäßigen Ausnutzung der Windfläche über den schwimmenden WKT den Rotorflächengrößen bei den begrenzten Standflächen und Standfestigkeiten zwangsläufig Grenzen gesetzt sind – sind die Turmhöhen gestaffelt, zugeordnet auch unterschiedliche Rotordurchmesser. Dabei findet auch die höhere Wind-Effizienz der obersten Konverter 35, 36, 37 Berücksichtigung, ebenso der niedrigen mit der geringeren Windintensität.

[0048] Zur Speicherung der an Bord gewonnenen, veredelten bzw. hergestellten Roh- oder Treibstoffe sind der WEA schwimmende Lager- oder Tankräume 39 zugeordnet. Diese sind vorzugsweise so ausgebildet, daß sie als Container von Transportschiffen übernommen werden können. Zum Andocken dieser schwimmenden Container und zu deren Beschickung sind auf der Leeseite der WEA entsprechende Einrichtungen angebracht. Eine Beschickungsbrücke 40 weist zweckdienliche Lade- und Befüllereinrichtung 41 (bevorzugt Rohrsysteme) und Befestigungssysteme 42 auf. Pontonhafte Schwimmkörper 43 stützen die von der WEA auskragende Brücke 40. Desweiteren sind Winden 44 angeordnet, die ein gefesseltes Zuschwimmen der Container 39 zum "einsammelnden" Containerschiff, sowie das Heranziehen neuer leerer, oder auch der Versorgung der WEA dienender Container ermöglichen.

[0049] Die Beschickungsbrücke 40 ist auch als Hubschrauberlandeplatz 44 ausgebildet. Seine leeseitige Anordnung zur WEA schließt die Gefahr windströmungsverursachender oder zumindest begünstigender Kollisionen mit der WEA weitgehend aus. Sofern dennoch infolge evtl. leeseitiger Luftwirbelbildungen Gefährdungen für einen landenden oder startenden Hubschrauber bestehen sollten, können wegen einer nicht vorhandenen Netzanbindung zumindest einzelne Windkraftmaschinen für solche seltenen und kurzen Phasen problemlos abgeschaltet werden.

Zu Fig. 5

[0050] In Anbetracht der Erfordernis einer effizienten und wirtschaftlichen Gestaltung und Nutzung schwimmender WEA ist die Anordnung seiner Windkraftmaschinen zueinander relativ eng. Abgesehen von gering sich überdeckenden Nutzflächen können evtl. Wirbelbildungen für dahinter positionierte, oder seitlich benachbarte Windkraftmaschinen

störend oder gar schädlich sein. Vorteilhaft erscheint daher, die strömungsbeeinflussende Winkelstellung der Flügel hintereinander oder auch nebeneinander angeordneter Windkraftmaschinen 33 bis 37 nach strömungstechnischen Gesichtspunkten optimal zuzuordnen. Die gezeigte Darstellung entspricht dem eines quasi populär technischen Verständnisses, es sind die Flügelstellungen so zueinander in Stellung, daß die Flügel der einzelnen Windkraftmaschinen 33 bis 38 möglichst weit von einander entfernt an- und zugeordnet sind. Sicherlich erfordern in Natura gegebenenfalls auftretende gefährdende Wirbel oder strömungsintensive Knoten Zeit- und streckenabhängig andere Flügelstellungszuordnungen als dargestellt. In den Erfindungsgedanken einbezogen ist daher eine Einrichtung zum Einregeln einer den jeweiligen Windverhältnissen angepassten, diesbezüglich idealen Flügelzuordnung der Windkraftmaschinen untereinander. Zur Echtzeitermittlung solcher wann und wo auftretender Strömungsereignisse bieten sicherlich der ausgereifte Kenntnisstand der Strömungslehre sowie der hohe Entwicklungsstand der Computer- und Sensortechnik beste Voraussetzungen sowie zur Errechnung und Einregulierung diesbezüglich optimaler Flügelstellungen.

[0051] Die praktische, mechanische Realisierbarkeit wird erfindungsgemäß dadurch bewirkt, das

- die Generatoren der WEA als Synchronmaschinen sind und in ein Bord-Verbundnetz speisen, also synchron und "gefesselt" laufen,
- hochdynamische Schaltelemente der Leistungselektronik im Strompfad der Generatoren angeordnet sind, die
- computergesteuert über taktweise Leistungsunterbrechung der Windkraftmaschinen die Möglichkeit zum übersynchronen Voreilen und somit zur Drehwinkelkorrektur zur Einregulierung einer vorbestimmten (errechneten) optimalen Drehwinkelzuordnung der Windkraftmaschinen untereinander einräumen.

[0052] Eine weitere Maßnahme zur Verminderung der Häufigkeit des möglichen gegenseitigen Belästigen, benachbarter Windkraftmaschinenrotoren ist die Flügelzahl auf zwei oder gar einen zu reduzieren. Da auf See die Geräuschkakzeptanzschwelle ohnehin höher gesetzt ist, könnte sogar, verbunden mit höheren Schnellaufdrehzahlen (als an Land üblich) auf diesem Wege eine Effizienzsteigerung an WEA möglich sein.

Zu Fig. 6 und 7

[0053] Der Verband besteht aus einer um eine mittlere herum, in Sechseckform angeordnete Windkraftmaschinen-träger(WKT)-Formation mit einer Ausführungsweise der WKT gemäß Fig. 2. Dabei weisen wiederum benachbarte, einander tangierende (WTB) an dieser Kontaktstelle nur einen gemeinsamen Schwimmkörper auf, z. B. die WTB 50 und 56 nur den einen Schwimmkörper 57. Die Turmträger 5 sind im Ringverband dieser WTB ebenso zueinander ausgerichtet angeordnet, daß immer nur ein Arm 58 eines Turm-trägers von einem Schwimmkörper 57 abgestützt wird.

[0054] Die (einzelnen) Windkraftmaschinen-träger sind mit der Windkraftmaschine bestückt:

Pos. 50	Pos. 59
51	60
52	61
53	62
54	63

55	64
56	65

[0055] Zur effizienteren Ausnutzung des Windes über der schwimmenden Plattform der WEA, insbesondere der zur Erschließung der nicht von den Flügeln der Windkraftmaschinen mit üblicherweise horizontaler Drehachse überstrichenen unteren Bereichen, sind in den Randbereichen weitere Windkraftmaschinen angeordnet. Diese unteren Partien versprechen auch in Anbetracht der auf See relativ gleichmäßigeren Strömungsverteilung bei ohnehin gesteigerter Windintensität gegenüber Kontinentalverhältnissen eine wirtschaftliche Ausbeute. Hierfür sind für weiterer Windkraftmaschinen-Plattformen 66 an den Rändern der Verbundstruktur angeordnet. Sie sind vorzugsweise in der Mitte benachbarter Schwimmkörper 67, 68, 69 befestigt. Auf ihnen befinden sich gleichermaßen als Generator ausgebildete Lagerbasen 70 für Windkraftmaschinen, vorzugsweise mit senkrechter Drehachse z. B. ein Darrieus-Rotor 71. Diese werden zum Antreiben von die WKT in Position haltender Antriebseinrichtungen genutzt. Hierzu ist die Rotorwelle 73 nach unten durchgeführt und trägt eine, die Vortriebskraft-richtung steuerbare Strömungsmaschine. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist sie ein Voith-Schneider-Popeller 72. Sie könnte z. B. auch aus einer über ein Winkelgetriebe angetriebene schwenkbare Schiffsschraube oder aus einer durch eine Pumpe gespeiste Staustrahl Druckeinrichtung bestehen.

[0056] Zur Vermeidung unnötiger Verluste sind für Betriebsfälle, in denen nicht alle diese Positionierungs-Antriebseinrichtungen gebraucht werden, im Kraftpfad zwischen dem Darrieus-Rotor und dem Voith-Schneider-Popeller eine Trennkupplung angeordnet.

[0057] Mit diesen zusätzlichen Windkraftmaschinen lassen sich somit verschiedene Betriebszustände und Nutzefekte erzielen:

reine Stromerzeugung, Stromerzeugung und örtliche Positionshaltung der WEA und alleinige örtliche Positionshaltung der WEA.

[0058] Bei dem derzeitigen Stand der satellitengesteuerten Positionsbestimmung ist natürlich der Einsatz solcher Einrichtungen auch hier vorteilhaft und naheliegend.

[0059] Auch bei vorliegender Verbundweise der einzelnen WTB 25 bis 30 liegt ein wie unter Fig. 3 und 4 beschriebener, ein gegenseitig aufeinander einwirkender, nützlicher Abstützeffekt für die durch die Windkraft 84 verursachten Kippmomente vor.

[0060] Erfindungsgemäß sind als Speicher- und Tanks ausgebildete, am Rande des Verbandes von Windkraftmaschinen-trägern (50 bis 56) angeordnete Schwimmkörper (6, 73) so ausgestaltet, daß sie derart schwimmfähig sind, um in einem Zug- oder Schubverband seetüchtig zu sein, desweiteren zweckentsprechende Verbindungseinrichtungen und aktive Einrichtungen zum Be- und Entladen wie z. B. Pumpen und Rohrsysteme aufweisen. Ein betriebsstörungsfreier Austausch aus dem Verband wird durch die nicht vorhandene direkte Abstützung dieser äußeren Schwimmkörper der Turmträger (5) und der Windkraftmaschinenplattformen (66) ermöglicht.

Zu Fig. 8

[0061] Pos 75 stilisiert einen Turmträger, wie z. B. die unter Fig. 2 beschriebene Pos 5. Auf ihr ruht eine obere Turmträgerbasis 76, auf der der Turm 1 einer Windkraftmaschine 2, 3, 4 sitzt. Beide sind mittels vorzugsweise hydraulischer Abstütz- und Hubelemente 77, 78, 79, 89, 81 miteinander verbunden. Diese sind im vorliegenden Ausführungsbei-

spiel als großflächige, flache Gummibälge ausgeführt. Sie ermöglichen in beliebige Richtungen ein hydraulisch bewirktes Schwenken beider Turmträgerbasen zu einander.

[0062] Bei den zweckmäßigerweise aus Fig. 1 und 2 übernommenen Turm-Sitz- und Befestigungsmerkmalen muß der Freiraum 83 des Turmsitzes natürlich entsprechende Schwenkfreiheiten aufweisen. In vorliegendem Ausführungsbeispiel bilden die Abstütz- und Hubelemente-Paare 78,81 eine Schwenkachse X-X, die Abstütz- und Hubelemente 77,79/80 die Achse Y-Y. Wegen der auf den Turm einseitig einwirkenden Windlast 84 sind auf der höher belasteten Leeseite die Abstütz- und Hubelemente doppelt angeordnet. Desweiteren ist zur Kompensation evtl. auftretender Hebekräfte an der Luvseite ein entgegengesetzt wirkendes Abstütz- und Hubelement 82 auf der Unterseite der unteren Turmträgerbase 75 angeordnet. Dieses bewirkt eine nach unten gerichtete auf die obere Turmträgerbasis 76 einwirkende Haltekraft, übertragen durch Druckplatte 85 und einen, die untere Turmträgerplatte 75 freigängig durchdringendes Verbindungsstegpaar 86.

[0063] Die Schwenkbasis der Y-Y-Achse bilden die Abstütz- und Hubelemente 77 und 79,90. Die aktiven Schwenkbewegungen um diese Achse bewirken die Abstütz- und Hubelemente 78 und 81. Deren hydraulische Versorgung erfolgt mittels Hydraulikpumpe 87 über ein Absperrventil 88 (zum Halten eines aufgebauten Druckniveaus). Zur Dosierung erforderlicher Weise unterschiedlicher Druckbeaufschlagung dieser Abstütz- und Hubelemente 78 und 81, so zum Zwecke einer Turmneigungskorrektur oder für dynamische Schwingungsdämpfungsmaßnahmen ist in deren Verbindungsleitung 89 eine in beide Richtungen förderbare Pumpe 90 eingebaut. Ein wesentlicher Vorteil dieser Regel- und Druckversorgungskonzeption ist ihr geringer Leistungsbedarf. Dies, weil nicht wie häufig in der gängigen Hydraulik üblich, volle Abstützdrücke eines Hydraulikzylinders aufgebracht und überwunden werden müssen, sondern infolge der Druckbeaufschlagung der Saugseite mit dem Gegendruck der anderen Abstütz- und Hubelemente-Basis nur eine (meist geringe) Druckdifferenz vom Druckerzeuger aufgebaut werden muß.

[0064] Die Bewegungen um die Y-Y-Achse werden im wesentlichen auf gleicher Weise mit gleichen Elementen bewirkt. Zur Druckmittelversorgung und Druckhaltung dient eine Hydraulikpumpe 91 und ein Absperrventil 92, zur Aufbringung des Differenzdruckes eine in der Verbindungsleitung 93 angeordnete in beide Richtungen förderbare Pumpe 94. Zusätzlich ist zum alternativen Einsatz der gegenläufig wirkenden Abstütz- und Hubelemente 77 und 82 ein Umschaltelement angeordnet, das alternativ in Stellung 95a das obere Abstütz- und Hubelement 77 aktiv schaltet, wobei das untere Abstütz- und Hubelement 82 über Abflußleitung 96 mit einem Druckmittelreservoir 97 verbunden ist. Bei der alternativen Schaltstellung 95b sind die Verbindungen umgekehrt. Ferner ist zum Zu- und Abschalten des zweiten Abstütz- und Hubelementes 80 ein Schaltelement 98 angeordnet.

[0065] Gesteuert werden die hydraulischen Schalt- und Versorgungselemente von einer microprozessor-gesteuerten Steuer- und Regeleinrichtung unter Einbeziehung dafür erforderlicher Sensorik nach einem vorbestimmten Modus. Neben Turm-Neigungskorrekturen zur günstigen Schwerpunktpositionierung der Windkraftmaschine 2/3/4 mit Turm 1 (bei ungleichmäßigen Eintauchtiefen der Schwimmkörper) ist diese Einrichtung auch zur Schwingungsdämpfung vorgesehen, in dem Turm mit der Windkraftmaschine und der schwimmende Windkraftanlagenträger als ein Zweimassensystem behandelt, und deren Schwerpunkte mit zweckentsprechenden Vektorrichtungen zueinander bewegt bzw.

verändert werden.

Zu Fig. 9

5 [0066] Die Ankerbasis besteht aus einer im Meeresboden 100 senkrecht angeordneten massiven Achse 102, die in einem Betonsockel 101 eingebettet, mit je nach Beschaffenheit des Meeresbodes angemessenen, bevorzugt schräg damit fest verbundenen Gründungspfählen 103. Am oberen Endbereich über den Meeresboden weist er eine umlaufende Nut 104 auf, in der eine verdrehbare, fest darin arritierte Halteeinrichtung 105 für das daran befestigte, schräg nach oben führende Ankerseil 106 sitzt.

[0067] In der erfindungsgemäßen Ausstattung der schwimmenden WEA zur Erzeugung von Wasserstoff ist auch die Erschließung und Förderung des H₂-Trägers Erdgas aus Feldern im Meeresboden einbezogen.

[0068] Dafür wird sie weitgehend über bzw. in der Nähe des Erdgasvorkommens auf See positioniert bzw. verankert und über Rohr- oder Schlauch-Transporteinrichtung 107 mit Sammelleitung 122 eines Erdgasfeldes verbunden. Die Ankerbasis der WEA weist auch Einrichtungen zur Übergabe und Übertragung des Erdgases an die Transporteinrichtung der WEA auf, besonders unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Transportvorrichtung (Rohr) 107 aus verschiedenen, mit der Windrichtung wechselnden Richtungen heranzuführen oder sogar die Ankerbasis umkreisen können. Hierfür ist an der Achse 102 oberhalb der Ankerseilfixierung 105 eine in horizontaler Ebene drehbare Übertragungseinrichtung 108 angebracht. Diese bestehend aus einer auf der Achse 102 angeordneten Drehbasis 110 mit Querbohrungen 111 zu einem Hohlraum 112 der über Absperrorgan 113 mit der Sammelleitung 122 eines Erdgasfeldes in Verbindung steht, sowie aus einem die Drehbasis 110 dichtend umschließendes Übertragungselement 114 mit einem ringförmigen Hohlraum 115, der in ein Verbindungsrohr 116 zu dem nach oben führenden Transportrohr 107 übergeht.

[0069] Zwischen diesen Rohren 116 und 107 ist ein Rohrgelenk 117 angeordnet, und, sofern bei es starren Rohrsystemen des Ankerseils 106 als Tragseil genutzt wird, sind mehrere solcher Rohrgelenke in der Übertragungsstrecke zur schwimmenden WEA angeordnet. Dies als Anpassungsmöglichkeit für dem nach der "Kettenlinie" - durchhängenden Verlauf des Ankerseiles 106, dessen Durchhang sich weitgehend zugkraft- bzw. windkraftabhängig einstellt.

[0070] Vorteilhaft bei relativ schweren Transportrohrausführungen ist - sofern der entlastende eigene Auftrieb gering ist - in der nach oben führenden Rohrstrecke ein oder mehrere Schwimmkörper an das Rohrsystem anzubringen um durch deren Auftrieb die Zugbelastungen im Transportrohrsystem oder bzw. und in dem als Tragseil fungierenden Ankerseil zu mindern.

[0071] Die vorstehend beschriebenen, in die Ankerbasis integrierten Einrichtungen zur Bewirkung eines Warentransportes zwischen dem Meeresboden und der schwimmenden erfindungsgemäßen WEA können natürlich für andere Waren und Substanzen eingesetzt oder dafür erweitert werden. Eine Möglichkeit dazu besteht in der Anordnung einer zweiten Rohrverbindung 118 zur WEA. Hierfür ist ein zweiter Drehübertrager 109 nach Art des ersten an der Achse 102 angeordnet, dessen damit verbundene Leitungssystem 119, 120, 121, 123 am oder im Meeresboden in ein Speicher- oder -sonstiges System führt. Damit, oder auch mit erstem sollen und können verschiedene weitere Aufgaben gelöst werden:

1) CO₂-Entsorgung

[0072] Da bei der H₂-Extraktion aus fossilen Grundstoffen auch umweltschädliches CO₂ frei wird, sind Einrichtungen zur CO₂-Entsorgung in den Erfindungsgedanken einbezogen. Vorgesehen ist,

- a) soweit natürlich die geophysikalischen Voraussetzungen dazu vorliegen, CO₂ in bereits leere oder in Teilstücken von Gaslagerstätten oder sonstige vorhandene und dafür geeignete Hohlräumen im Meeresboden zu pumpen;
- b) CO₂ dem Meerwasser zu überlassen. Zu dieser Thematik sei erwähnt, daß bereits auf natürlichem Wege ein großer Teil des in der Atmosphäre enthaltenen CO₂ vom Meerwasser (über seine Oberfläche) absorbiert wird. Naheliegender ist daher, mit zukünftigen Verfahren gesteigert – zumindest was den vorliegenden zur Diskussion stehenden Bord-CO₂-Anfall betrifft – Meerwasser in einem (vorausgesetzt verträglichen Maße) mit CO₂ anzureichern. Dessenfalls könnte Leitung 122 zu einer die CO₂-Absorption aktivierenden Unterwasseranlage führen.
- c) Speicherung von Wasserstoff in Hohlräumen im Meeresboden (evtl leeren Erdgaskammern). Hierbei ist sowohl an den an Bord der erfindungsgemäß ausgestatteten WEA aus fossilen Rohstoffen gewonnenen, als auch durch Elektrolyse erzeugten Wasserstoff gedacht. Dabei erscheint die Nutzung eines durch die beschriebene Ankerbasis im Zusammenhang mit der Erdgasnutzung quasi (schon) erschlossenen bzw. Meeresbodenbereich besonders günstig. Aber auch die Möglichkeit, daß die H₂-Produktion (bevorzugt mittels Elektrolyse) "vor Ort" über einer geeigneten Speicherstätte platziert werden kann, ist sicherlich ein wirtschaftlicher Aspekt.

Zu Fig. 10

[0073] Besonderes Merkmal dieser Windkraftmaschine ist die leeseitige Anordnung einer als Konverters ausgebildeten Windkraftmaschine, wobei der Konverter 125, ein Generator 126 und ein Übersetzungsgetriebe 127 und eine auf einen (niedrigen) Turm 129 sitzende Dreheinrichtung 128 eine Baueinheit bilden. Durch die leeseitige Konverteranordnung zu seiner Drehabasis stellte er sich selbsttätig in die richtige Windrichtung. Die Konverterwelle 130 weist Lagerbasen 131 für die Wellen 132 der Rotorblätter 133 auf. Diese sind an sich schon für den für vorliegenden Einsatzfall vorteilhafterweise für extreme Windverhältnisse für den "Stallbetrieb" konzipiert. Zusätzlich ermöglicht eine verdrehelastische Fesselung 134 ein windgeschwindigkeitsabhängiges und somit staudruckbedingtes selbsttätiges Verändern und Anpassen des Anström winkels der Rotorblätter in einen breiten Windgeschwindigkeitsspektrum eine "auftriebs-effiziente" Betriebsweise des Konverters. Die Konverterwelle 130 ist in einer axial und radial wirksamen, in einem gemeinsamen Gehäuse angeordneten Lagerbasis 135, 139 gelagert, die wiederum als ebenso die Generator-Läuferlager 136 des mit dem Stator 138 den Generator 126 bildenden Rotor 137 trägt. Die sich nach vorne verjüngende Konverterwelle 130 ist durch den Generator-Rotor zum Getriebe 126 geführt. Ein daran angordneter Steg 140 mit Planetenrädern 141, ein gehäusefestes äusseres Sonnenrad 142 und ein auf einer Hohlwellenverbindung 144 zum Generator-Rotor sitzenden inneren Sonnenrad 143 bilden das den Generator 126 ins Schnelle antreibende Planetengetriebe. Eine strö-

mungsgünstige Haube 145 schließt luvseitig die Konverter-Generator-Getriebe-Kombination ab.

Patentansprüche

1. Offshore-Windenergieanlage, bestehend aus einem im Meer positionierten Turm mit einer darauf aufsitzen- den drehbaren Gondel mit einer Lagerbasis für eine aus einer Nabe mit Rotorblättern bestehenden Windtur- bine mit weitgehend waagerechter Drehachse und ei- nem damit angetriebenen Generator, der sowohl um die Rotorwelle angeordnet oder mittels einer Drehverbin- dung verbunden dahinter sitzend angeordnet ist, oder alternativ oder zusätzlich aus einer anderen beliebigen bekannten Windkraftmaschine wie z. B. einem Dar- rious- oder Darrieus-H-Rotor besteht, **dadurch ge- kennzeichnet**, daß
 - die Windkraftmaschine (3/4, 33–38, 59–65, 71) auf einem schwimmenden Windenergieanlageträ- ger (5/6, 25–29, 50–56) angeordnet ist,
 - in oder an ihr, oder ihr zugeordnet, verfahrens- technische Einrichtungen zum Schürfen, Veredeln und Extraktieren von Grundstoffen, bevorzugt energiereicher, angeordnet sind,
 - in oder an ihr, oder ihr zugeordnet zur Speiche- rung und Lagerung an Bord gewonnener Roh- und Treibstoffe Tank- oder Lagereinrichtungen ange- ordnet sind.
2. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 da- durch gekennzeichnet, daß die bordeigene verfahrens- technische Einrichtung eine Elektrolyse-Anlage zur Gewinnung von Wasserstoff ist.
3. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 da- durch gekennzeichnet, daß die bordeigene verfahrens- technische Einrichtung eine Meerwasserentsalzung- anlage ist.
4. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 da- durch gekennzeichnet, daß
 - sie Einrichtungen aufweist,
 - oder ihr Einrichtungen zugeordnet sind, die in einer funktionalen Beziehung zu ihr stehen zur Bergung und Aufbereitung von am oder im Mee- resboden lagernden Rohstoffen.
5. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß ihre der Stromerzeugung und -Aufbereitung dienenden elektrischen Kompo- nenten wie Generatoren und Wechsel- oder Gleichrichter derartig ausgebildet sind, daß sie den erzeugten Strom zwei unterschiedlichen Verbrauchernetzen zuführen und versorgen,
 - einem spannungs- und frequenzstabilen Versor- gungsnetz für die bordeigenen Betriebseinrichtun- gen,
 - einem Last-Versorgungsnetz für die Verfah- rensprozesse z. B. für die Elektrolyse, vorzugs- weise als Gleichstromnetz.
6. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß ihre schwimmfähige Trä- gerbasis im Meeresboden verankert ist.
7. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß ihre schwimmfähige Trä- gerbasis (51–56) eine Antriebseinrichtung (72) zur Be- wirkung einer schwimmenden Fortbewegung oder zu- mindest zur örtlich vorbestimmten Positionierung auf- weist.
8. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 und 7 dadurch gekennzeichnet, daß sie eine elektroni- sche Empfangs-, Steuer- und Regeleinrichtung zur

Steuerung der Antriebseinrichtung (72) aufweist mit derartigen Funktionseigenschaften, daß ihre vorbestimmte Positionierung satelittengesteuert bewirkt wird.

9. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß der schwimmende Windenergieanlage-Träger aus mehreren miteinander verbundenen rohrförmigen Hohlkörpern (5, 6) besteht.

10. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 und 9 dadurch gekennzeichnet, daß rohrförmige Hohlkörper (6) in einer geschlossenen Ringform zusammengefasst sind und innerhalb dieser Formation ein bevorzugt sternförmiger Schwimmkörper (5) mit ihnen verbunden ist, der als Turmträger für den Turm (1) der Windkraftmaschine (3/4) zweckentsprechend ausgebildet ist.

11. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 9 dadurch gekennzeichnet, daß die rohrförmigen Hohlkörper (6) an ihren Enden in ihrer vertikalen Erstreckung winkelig ausgebildet sind.

12. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 und 10 dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (8, 9) gelenkig ausgebildet sind.

13. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 und 10 dadurch gekennzeichnet, daß die rohrförmigen und bevorzugt in einem Ringverbund angeordneten Hohlkörper (6) weitgehend in der ihrer Mitte und auf ihrer Unterseite mittels gelenkigen Verbindungselementen (10, 11) mit den sternförmigen, als Turmträger für den Windkraftmaschinenturm dienende Schwimmkörper (5) verbunden sind.

14. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 13 dadurch gekennzeichnet, daß der sternförmige als Turmträger für den Windkraftmaschinenturm (1) dienende Schwimmkörper (5) nur mit jedem zweiten Schwimmkörper des ringförmigen Verbandes verbunden ist.

15. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß in den Schwimmkörpern (5, 6) technische, bzw. verfahrenstechnische Einrichtungen angeordnet und untergebracht sind.

16. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß in dem Turm (1) technische bzw. verfahrenstechnische Einrichtungen angeordnet und untergebracht sind.

17. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß auf Schwimmkörpern (5, 6,) oder an der unteren Partie des Turmes technische bzw. verfahrenstechnische Einrichtungen in Containern positioniert sind.

18. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5 und 9 dadurch gekennzeichnet, daß in den Schwimmkörpern (5, 6) Tank- bzw. Lagerräume für geförderte, veredelte oder an Bord erzeugte Rohstoffe angeordnet sind, sie desweiteren mit Be- und Entladungseinrichtungen versehen sind.

19. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 sowie beliebiger weiterer vorstehender Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere, in ihrer Struktur weitgehend gleiche Windenergieanlage-Träger (25-30, 50-56) bestehend aus Schwimmkörpern (5 und 6) zu einem Verband zusammengefasst sind.

20. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 und 19, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte Ringverbände (25, 30) seitenparallel einander zugeordnet sind, wobei sie an ihrer tangierenden Seite nur einen gemeinsamen Schwimmkörper (31) aufweisen, und die Verbindungseinrichtungen zum Verbinden der

Windenergieanlage-Träger (25-30, 50-56) untereinander aus dafür erweiterten Verbindungselementen (8, 9) der einzelnen Schwimmkörper (6) bestehen.

21. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 und 19 dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung der Verbindungen (10, 11) zwischen dem sternförmigen Turmträger (5) und die ihn umgebenden Schwimmkörper (6) so aufgeteilt ist, daß immer nur ein Turmträgerarm (32) sich auf einen Schwimmkörper (31) abstützt.

22. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 und 19 dadurch gekennzeichnet, daß die Turmhöhen und die Flügellängen der benachbarten Windkraftmaschinen (33-38, 59-65) unterschiedlich ausgebildet, vorzugsweise nach Aspekten zur Vermeidung gegenseitiger schädlicher Luftströmungsbeeinflussung gestaffelt sind.

23. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 und 19 dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Verband mehrerer Windenergieanlagen (25-30)

- die Windkraftmaschinen (33-38) einen in ein gemeinsames Netz speisenden Synchrongenerator aufweisen,

- sie Sensoren zur Erkennung der Drehwinkelstellung einzelnen Rotoren und der Luft- und Rotordrehgeschwindigkeiten sowie zur Erfassung sonstiger erforderlicher Parameter zur Bewirkung nachstehend beschriebener Funktionen aufweist:

- im Strompfad der Generatoren hochdynamische Leistungsschalter angeordnet sind,
- sie eine computergesteuerte Rechen-Regel- und Steuerung aufweist, mit elektronischen Bauelementen mit Funktionsweisen derart, daß nach einem vorbestimmten Modus eine Drehwinkelstellung geringster gegenseitig schädlicher Strömungsbeeinflussung errechnet und eingeregelt wird, in dem die Generatoren betroffener Rotore dosiert taktend entlastet werden, so, daß ein übersynchroner (Korrektur)-Vorlauf ermöglicht wird zur Einstellung einer idealen Drehwinkelzuordnung zu den anderen benachbarten synchron laufenden Windkraftmaschinen.

24. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 9 dadurch gekennzeichnet, daß auf einzelne, oder im Verband angeordnete Windenergieträgerbasen (5/6, 50-56) zusätzlich zu ihrer(n), weitgehend in der Mitte angeordneten Windkraftmaschine(n) (3/4, 59-65) weitere Windkraftmaschinen (71) unterhalb und neben von den Flügeln der ersten Windkraftmaschine überstrichenen Flächen weitere Windkraftmaschinen (71) angeordnet sind.

25. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 und 24 dadurch gekennzeichnet, daß auf einzelne, oder im Verband angeordnete Windenergieanlage-Träger (5/6, 50-56) für die Aufnahme zusätzlicher Windkraftmaschinen (71) Plattformen (66) aufweisen, die sich auf den Verbindungselementen (8, 9) der Schwimmkörper (6) abstützen, bzw. daran befestigt sind.

26. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9 und 24 dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzlichen Windkraftmaschinen (71) Darrieus-Rotore sind.

27. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 26 dadurch gekennzeichnet, daß in die Lagerbasis dieser weiteren Windkraftmaschinen (71) und der damit angetriebenen Generator als eine Baueinheit (70) ausgebildet sind.

28. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5, 9 und 19 dadurch gekennzeichnet, daß Windenergie-

anlage Träger (50–56) in Sechseckform zu einem Verband zusammengefasst sind.

29. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 5, 9 und 19 dadurch gekennzeichnet, daß Windenergieanlage Träger (25–30) in Dreieckform zu einem Verband zusammengefasst sind.

30. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6, 9, 19 und 29 dadurch gekennzeichnet, daß mehrere im Verband zusammengefasste Windenergieanlage-Träger (25–30) von mehreren, über eine möglichst breite Erstreckung der Formation verteilte, an vorderen Verbindungspunkten befestigte Ankerseilsträngen (117a, 117b, 117c, 117d) gehalten wird.

31. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6, 9, 19 und 29 dadurch gekennzeichnet, daß der im Meeresboden verankerte Verband von Windenergieanlage-Trägern leeseitig eine Beschickungsbühne (40) aufweist, versehen mit Befestigungssystemen (41) und Lade- und Befüllleinrichtungen (42) für angedockte Schwimmkörper (39) mit Windenergieanlage-Träger Lager- bzw. Tankräumen, sowie mit einer Windeneinrichtung (43) zum Heranziehen und oberflächenströmungsverursachtes, gezielten Wegschwimmenlassen dieser Schwimmkörper (39), z. B. zu einem Transportschiff.

32. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6, 9, 19, 29 und 31 dadurch gekennzeichnet, daß die Beschickungsbühne (40) als Hubschrauberlandeplatz (44) ausgebildet ist.

33. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6, 9, 19 und 29 dadurch gekennzeichnet, daß in einem Verband von Windenergieanlage-Trägern (25–30, 50–56) der Windenergieanlage-Träger Schwimmkörper (6) nicht direkt von einem Arm des Turmträgers (5) beaufschlagt wird, als ein mit Tank- und Windenergieanlage-Träger versehener Transportkörper ausgebildet ist, wobei er leicht lös- und schließbare Verbindungselemente zu seinen benachbarten Schwimmkörpern aufweist.

34. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6, 9, 19, 29 und 33 dadurch gekennzeichnet, daß die als Transportkörper einsatzfähigen äußeren Schwimmkörper eines Verbandes von Windenergieanlage-Trägern, als auch die andockbaren schwimmenden Lager- und Tankräume (39)

- so ausgebildet sind, daß sie in der Funktion eines Transportcontainers von Transportschiffen übernommen werden können,
- alternativ so ausgebildet sind, daß sie als schwimmende Schlepp- oder Schubverbände zusammengefasst Transportaufgaben erfüllen,
- aktive Einrichtungen zum Be- und Entladen wie z. B. Pumpen und Rohrsysteme aufweisen,

35. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 4, und beliebiger weiter vorstehender Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß ihre konstruktiven Bauelemente wie der rohrförmige Hohlkörper (6), sternförmiger Turmträger (5) und der Turm (1) Einrichtungen und Ausgestaltungen zur erleichterten Montage-, Demontage-, Wartungs- und Reparaturaktionen aufweisen.

36. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 35 dadurch gekennzeichnet, daß die Schwimmkörper (1), der sternförmige Turmträger (5) und Turm (1) flutbare Kammern aufweisen, in einer volumenmäßigen Abstimmung und (Schwerpunkt-)Anordnung derart, daß sie im Grenzbereich von Schwimmen und Tauchen gehalten werden können, zumindest so, daß erforderlichenfalls unter Einflußnahme äußerer relativ geringer

dirigierender Krafteinwirkungen auf diese Weise andere Schwimmkörper der WEA unterfahren (untertaucht) werden können.

37. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 35 dadurch gekennzeichnet, daß der flutbare Raum des Turmes dermaßen positioniert bzw. verteilt und dimensioniert ist, das der Turm im Eintauch- und Tauchzustand weitgehend seine senkrechte Betriebsstellung einnimmt.

38. Offshore Windenergieanlage nach Anspruch 1, 35 und 37 dadurch gekennzeichnet, daß der Turm (1) im unteren Bereich so Windenergieanlage-Träger ist, daß er im Windenergieanlage-Träger innen mit atmosphärischem Überdruck beaufschlagt werden kann.

39. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, und 35 dadurch gekennzeichnet, daß der Turm (1) mit seiner unteren Partie in einem Schacht (12) des sternförmigen Turmträgers (5) sitzt, mit einer so aufeinander abgestimmten Schacht- und Turmkontur, daß für Montagezwecke eine vertikale Relativbewegung zwischen beiden möglich ist und die Fixierung beider zueinander durch eine Verbindungseinrichtung (14) bewirkt wird.

40. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 35 dadurch gekennzeichnet, daß auf dem sternförmigen Turmträger (5) eine Hebeeinrichtung (16) angeordnet ist, die vorzugsweise an einer dafür verstärkten Montageplattform (15) angebracht ist.

41. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und beliebiger weiterer vorstehender Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie Einrichtungen aufweist

- zur Korrektur der Turmstellung bzw. -Neigung bei ungleichmäßiger Windbelastung
- zur Vermeidung von Schwingungs-Aufschaukelungs- und Resonanzvorgängen sowie zur Schwingungsdämpfung

42. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 41 dadurch gekennzeichnet, daß zur Beeinflussung des Schwingungsverhaltens, vorzugsweise zur Dämpfung, Schwimmkörper mit oder als (Frahmsche-)Schlingertanks ausgestattet sind.

43. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 41 dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb ihres schwimmenden Systems mit einer systemfesten Lagerung ein Schwungradkreisel angeordnet ist.

44. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 41 und 43 dadurch gekennzeichnet, daß der Schwungradkreisel im Turm (1) als separate Einrichtung angeordnet ist.

45. Offshore Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 41 dadurch gekennzeichnet, daß an rotierenden Basen der Windkraftmaschine, oder an einer verdrehfest damit verbundenen anderen Basis, eine Schwungmasse angeordnet ist, deren Schwungmoment (auf einen einheitlichen Punkt reduziert) mindestens 40% über der Summe der Schwungmomente der anderen, nach aktuellem Stand des Maschinenbaues und der Windkraftmaschinentechnik ausgeführten rotierenden anderen Bauelemente des gleichen Triebpfades liegt.

46. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 41 dadurch gekennzeichnet, daß die Windkraftmaschine ein zwei- oder einflügeliger Konverter ist.

47. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 und 41 dadurch gekennzeichnet, daß zum Zwecke der Turmstellungskorrektur und zur Schwingungsbeeinflussung, vorzugsweise zur Schwingungsdämpfung, zwischen Turmträger (5) und Turm (1) in ihrer Stärke variierbare Abstütz- und Hubelemente (77–82) ange-

ordnet sind.

48. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 41 und 47 dadurch gekennzeichnet, daß die in ihrer Höhe variierbaren Abstütz- und Hubelemente (77, 78, 79, 81, 82) großflächige Gummibälle sind.

49. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 41 und 47 dadurch gekennzeichnet, daß

- die in ihrer Höhe variierbaren Abstütz- und Hubelemente (77, 81) gegenüberliegend der Turmmitte verteilt angeordnet sind, so, daß Turmkippbewegungen relativ zum Turmträger (5) nach allen beliebigen Seiten gezielt bewirkt werden,
- wobei seitlich einer zur Windrichtung (84) rechtwinkligen Schwenkachse (Y-Y) ein Abstütz- und Hubelemente-Paar (77, 81) angeordnet ist,
- in Windrichtung (84) jenseits der Schwenkachse (X-X) auf der windbelasteten Seite Abstütz- und Hubelemente (79, 80) mehrfach angeordnet sind, auf der windentlasteten Seite außer eines die Windenergieanlage-Träger übernehmenden Abstütz- und Hubelement (77) ein umgekehrt wirkendes Abstütz- und Hubelement (82) angeordnet ist.

50. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 41, 47 und 49 dadurch gekennzeichnet, daß die Abstütz- und Hubelemente (77–82) hydraulisch oder pneumatisch in ihrer Höhe geregelt werden.

51. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 41, 47 und 50 dadurch gekennzeichnet, daß

- das seitlich einer Schwenkbasis (Y-Y) angeordneten Abstütz- und Hubelemente-Paar (78–81) über eine Hydraulik- oder Pneumatikleitung (89) verbunden ist, in der eine in beide Richtungen betreibbare Pumpe (90) angeordnet ist, sowie auf einer beliebigen Seite davon eine Verbindung über ein Absperrventil (88) zu einer (Versorgungs-)Pumpe (87) besteht,
- die beidseitig einer anderen Schwenkbasis (X-X) angeordneten Abstütz- und Hubelemente (77, 82 und 79, 80) – nach ihrer Seitenzuordnung jeweils als Einheit zu betrachten – über eine Hydraulik- oder Pneumatikleitung (93) verbunden sind, in der eine ebenso in beide Richtungen betreibbare Pumpe (94) angeordnet ist, sowie auf einer beliebigen Seite davon eine Verbindung über ein Absperrventil (92) zu einer (Versorgungs-)Pumpe (91) besteht, wobei die in ihrer Wirkung gegensätzlichen Abstütz- und Hubelemente (77, 82) mittels eines Umschaltventiles (95) alternativ mit der Verbindungsleitung (93) verbunden werden, sowie die in ihrer Wirkung sich addierenden Abstütz- und Hubelemente (79, 80) auf der anderen Seite mittels eines Schaltventiles (98) alternativ einzeln oder gemeinsam mit der Verbindungsleitung (90) verbunden werden.

52. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 41, 47 bis 51 dadurch gekennzeichnet, daß

- sie Sensoren zur Erfassung der Neigungen und Bewegungen vom Turm (1) und Turmträger (5) aufweist,
- ihr eine computergesteuerte Rechen-Regel- und Steuerung zugeordnet ist, mit elektronischen Bauelementen mit Funktionsweisen derart, daß sie nach einem vorbestimmten Modus aus den momentan vorliegenden relevanten Parametern eine schwingungsdämpfende, schwerpunkteverlagernde Kippbewegung des Turmes (1, 76) gegen-

über dem Turmträger (5, 75) errechnet und Regelkommandos an die hydraulischen oder pneumatischen Stell- und Regelglieder (87, 88, 90, 91, 92, 94, 9, 98) gibt.

53. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 4 und 7 dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung aus einem oder mehreren von einer Pumpe gespeiste(n), weitgehend in horizontaler Ebene schwenkbaren Staustrahlantrieb(en) besteht.

54. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 4 und 7 dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung aus einer oder mehreren weitgehend in horizontaler Ebene schwenkbaren Schiffsschraube besteht.

55. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 4, 24, 26 und 27 dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung aus einem oder mehreren Voith-Schneider-Propeller(n) besteht, der auf einer nach unten ins Wasser reichenden Verlängerung (74) einer Darrieus-Rotorwelle (73) angeordnet ist.

56. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 4, 24, 26, 27 und 52 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der oberen Darrieus-Rotorwelle (73) und der unteren Welle (74) unterhalb des Generators im gemeinsamen Lager-Generatorgehäuse (70) eine Trennkupplung angeordnet ist.

57. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6 und beliebiger vorstehender Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

- ihr eine im Meeresboden (100) fest installierte Ankerbasis zugeordnet ist, die zusätzlich zu einer Ankerseilanbindung Einrichtungen und Hilfsmittel zur Bewirkung eines Warentransportes zwischen dieser Ankerbasis und der schwimmenden WEA aufweist;
- sie ebenso selbst Einrichtungen und Hilfsmittel zur Bewirkung eines Warentransportes zwischen dieser Ankerbasis am Meeresboden aufweist.

58. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6 und 57 dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerbasis aus einem im Meeresboden (100) verankerten Fundamentsockel (101) besteht, der

- eine verdrehbare Halteeinrichtung (102, 104, 105) für das Ankerseil (106) trägt,
- eine oder mehrere drehbare Rohrübertrager (108, 109) aufweist, die einerseits mit zur schwimmenden WEA führende Rohr-Transportsysteme (107, 118) verbunden sind,
- als Sammel- und Übergabestation für zu unterirdischen Öl- oder Erdgasfeldern, oder zur Speicherung von Wasserstoff oder zur Entsorgung von H₂ dienenden Hohlräumen im Meeresboden führende Rohrsysteme (122, 123) ausgebildet ist.

59. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6 und 57 dadurch gekennzeichnet, daß das Ankerseil (106) als Trageil für Unterwasserkabinen, zum Fördern von energiereichen Stoffen wie Methanhydrat-Knollen, oder für Transport von Gerätschaften ausgebildet und genutzt wird.

60. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6 und 57 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der schwimmenden WES und der Ankerbasis verlaufende Rohrsysteme (107, 118) am Ankerseil (106) befestigt sind.

61. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1 bis 6, 57 und 60 dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Rohrstrasse an den Rohrsystemen (107, 118) ein oder mehrere auftriebsbehaltene Schwimmkörper – auch mittels distanzhaltender Befestigungseinrichtungen –

angeordnet sind.

62. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9, und 24 und beliebiger weiterer vorstehender Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Windkraftmaschine ein Windkonverter (125) mit weitgehend waagerecht angeordneter Drehachse ist. 5

63. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9, 24 und 61 dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Windkonverter (125) mit einem Generator (126), einem dazwischengeschalteten ins Schnelle treibenden Planetengetriebe (127), und einer Dreheinrichtung (128) eine Baueinheit bilden. 10

64. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9, 24, 61 und 62 dadurch gekennzeichnet, daß die Rotorblätter (133) des zusätzlichen Windkonverter (125) eine Profilgestaltung derart aufweisen, daß die Sicherheitsfunktion des "Stallbetriebes" vorliegt, zusätzlich oder alternativ die Rotorblätter (125) drehbar angeordnet und verdrehelastisch mittels zweckentsprechender Einrichtungen (134) so gelagert sind, daß ein windgeschwindigkeitsabhängiges und somit staudruckbedingtes selbsttätiges Verändern und Anpassen des Anströmwinkels der Rotorblätter in einem breiten Windgeschwindigkeitsspektrum eine "auftriebseffiziente" Betriebsweise des Konverters bewirkt. 15 20 25

65. Offshore-Windenergieanlage nach Anspruch 1, 9, 24, 61 und 62 dadurch gekennzeichnet, daß die Verdreheinrichtung (128) der Konverter-Generator-Getriebe-Kombination luvseitig des Konverters (125) angeordnet ist. 30

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

Fig 1

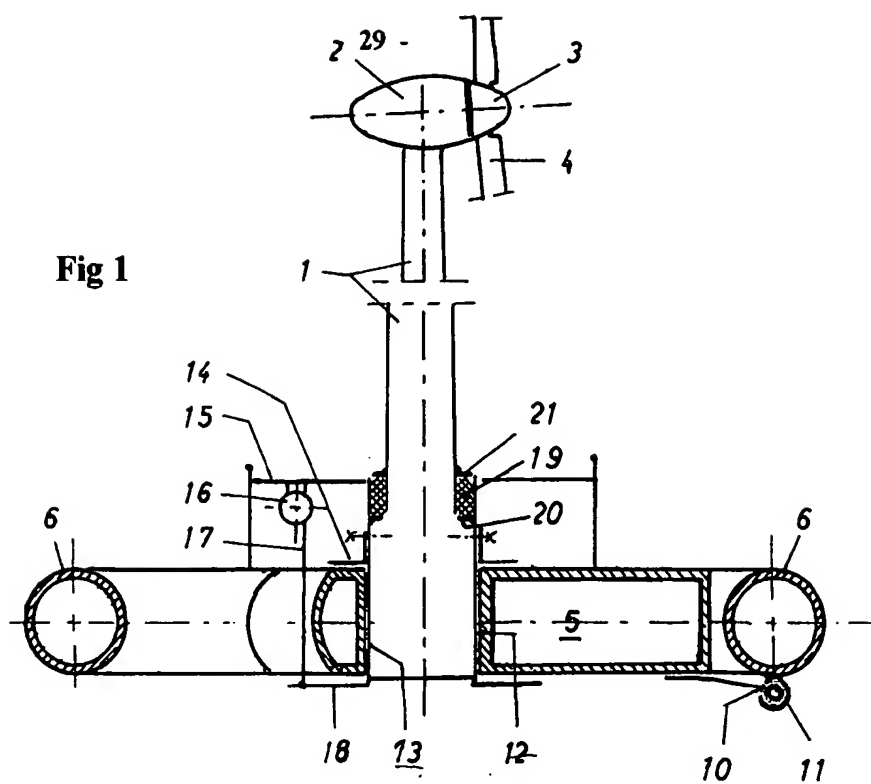


Fig 2

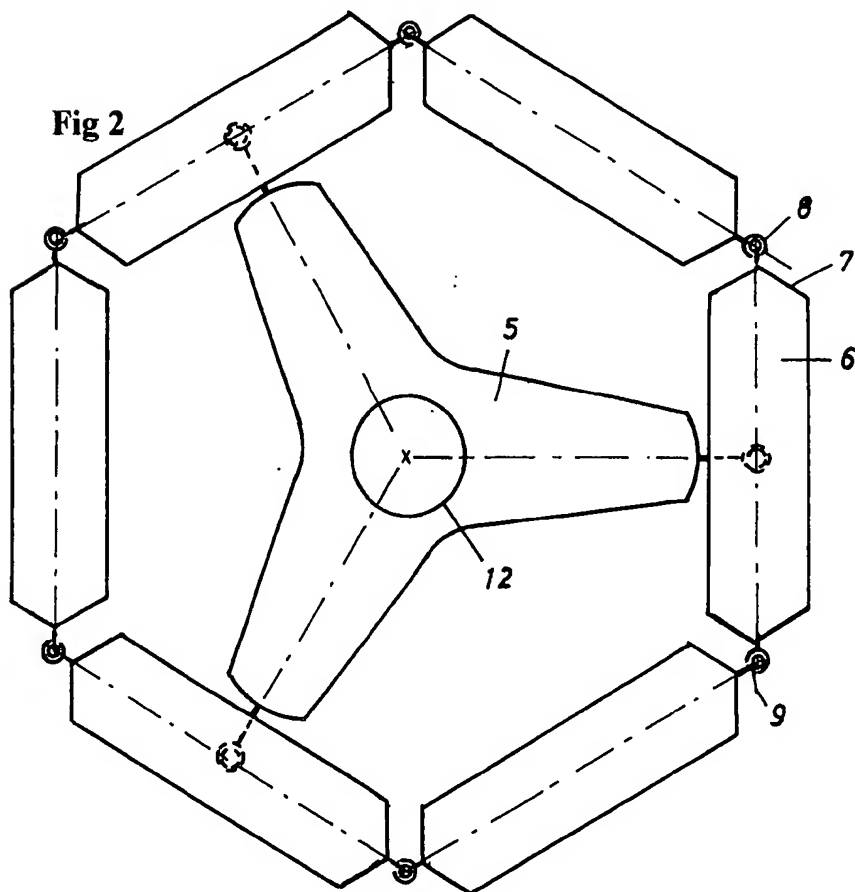


Fig. 5

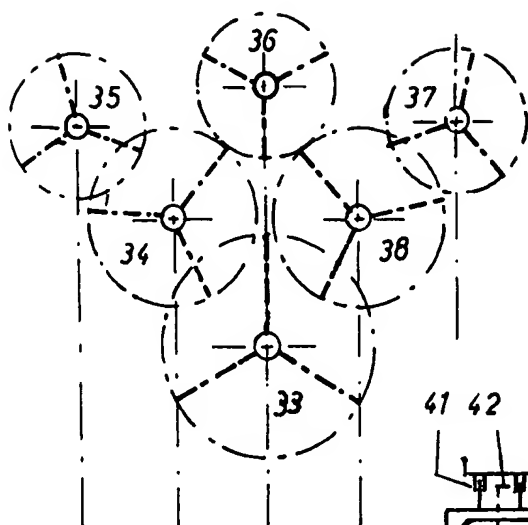


Fig. 4

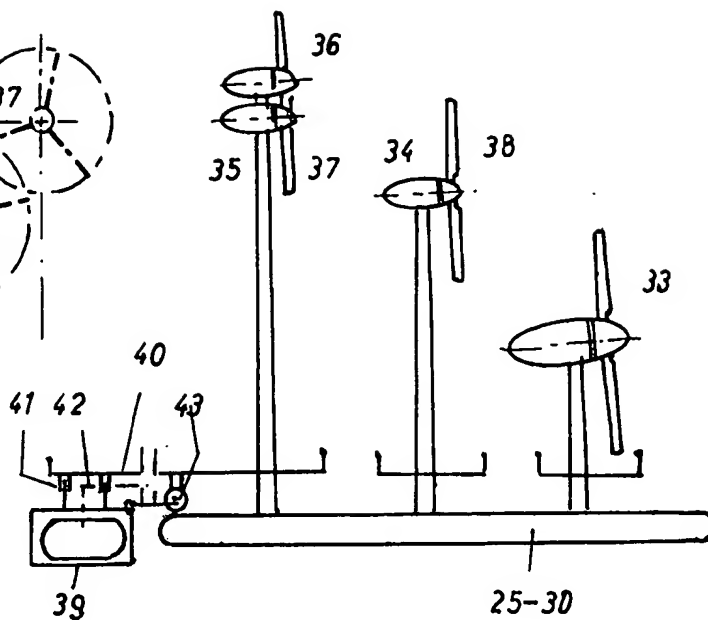
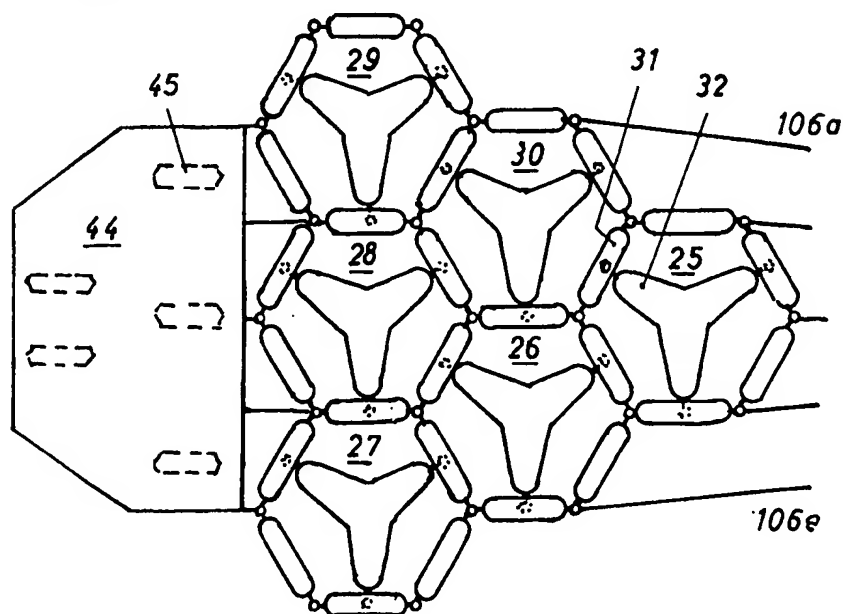


Fig. 3



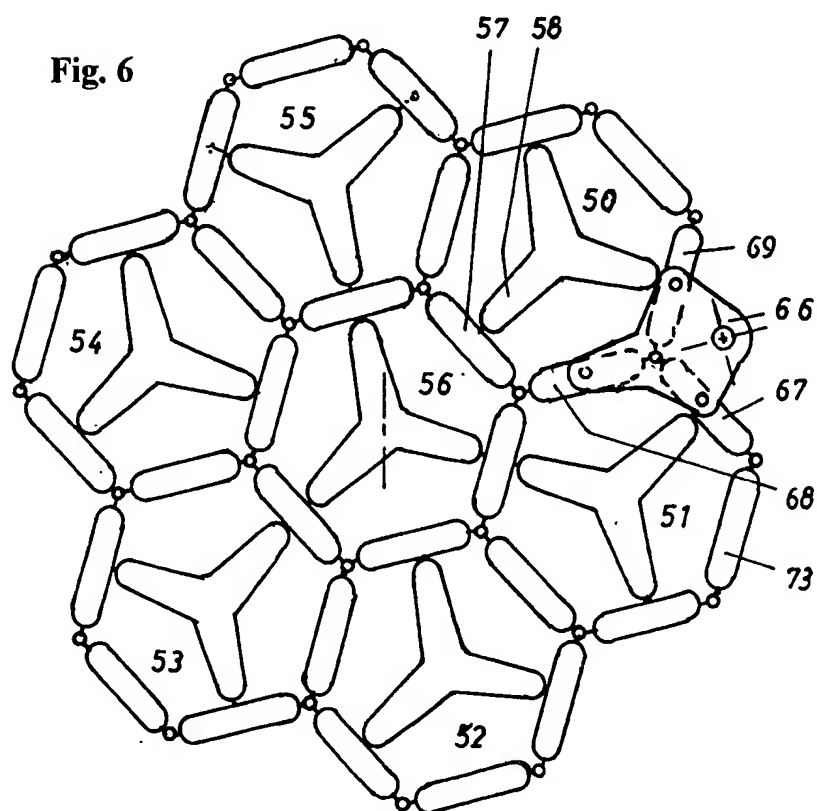
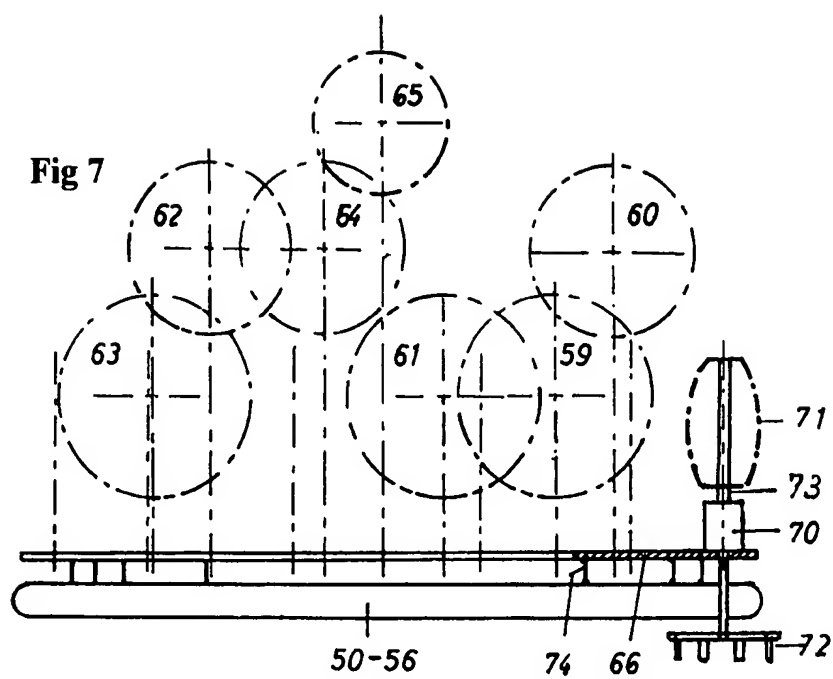


Fig 8

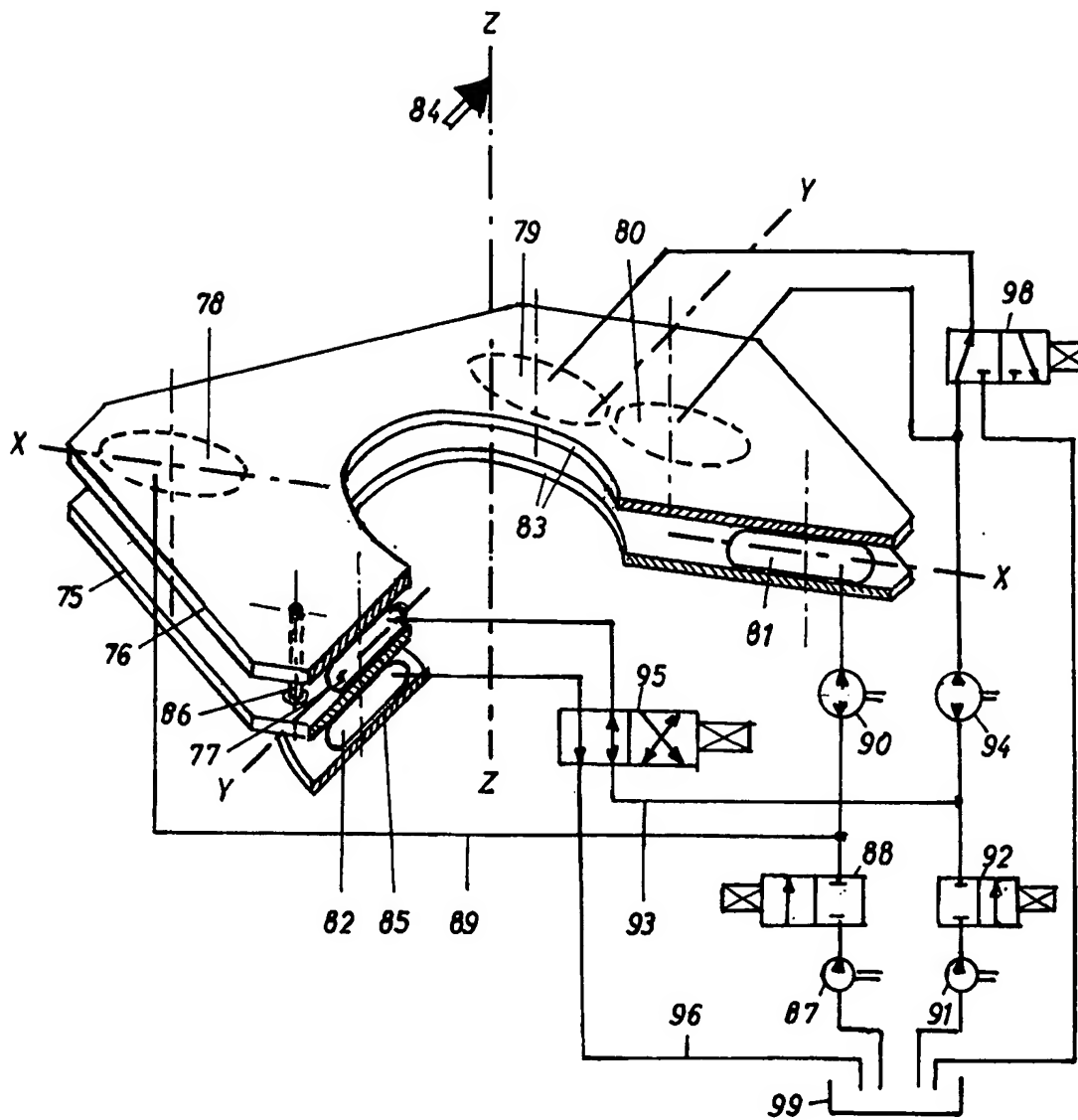


Fig. 9

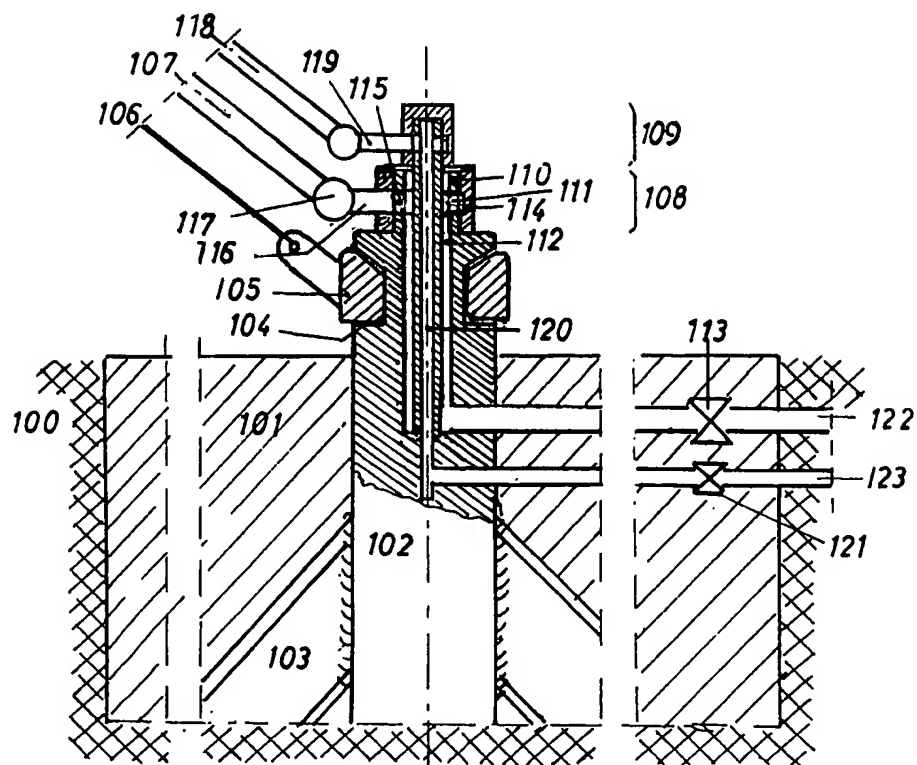
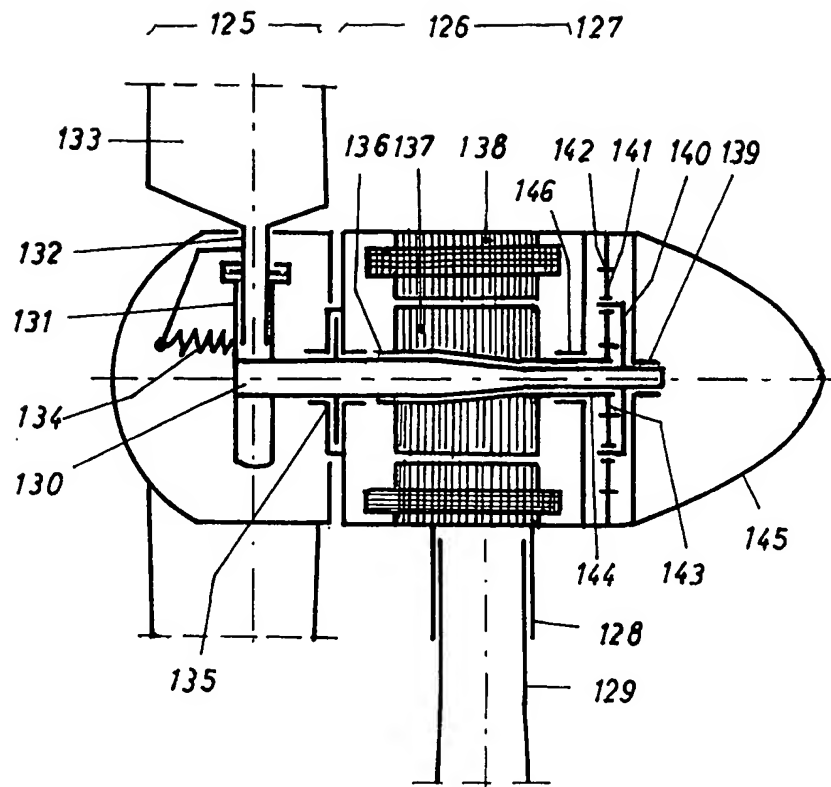


Fig 10



This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.